

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-126881

(43)公開日 平成5年(1993)5月21日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 1 R 29/16

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B 7808-2G

審査請求 未請求 請求項の数3(全12頁)

(21)出願番号 特願平3-292999

(22)出願日 平成3年(1991)11月8日

(71)出願人 000003942

日新電機株式会社

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地

(72)発明者 久米川 宏

京都市右京区梅津高畝町47番地 日新電機株式会社内

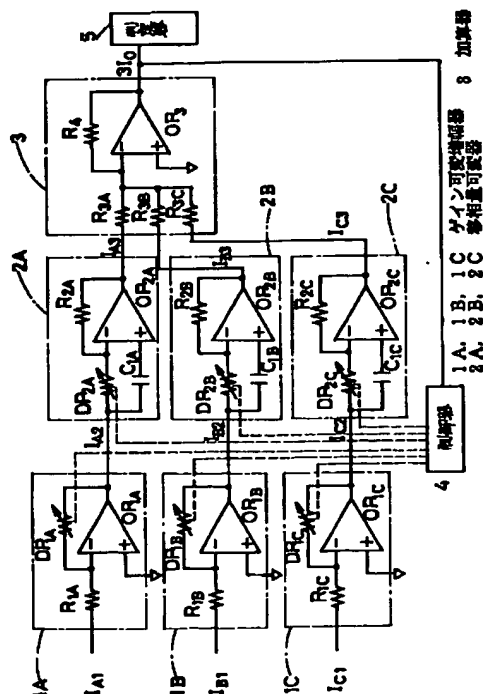
(74)代理人 弁理士 宮井 暎夫

(54)【発明の名称】 零相電流・電圧検出装置および零相電流・電圧検出方法

(57)【要約】

【目的】 負荷電流の変化、電力系統の温度変化、部品の劣化等にかかわらず零相電流信号の残留信号レベルを常に低く抑え、故障の誤判定を防止する。

【構成】 3相の電力系統の各相の電流に対応した各相電流信号  $I_{A1}$ 、 $I_{B1}$ 、 $I_{C1}$  の全てをベクトル的に加算して零相電流に相当する零相電流信号  $3I_0$  を出力する加算器3を設け、この加算器3から出力された零相電流信号  $3I_0$  が所定のしきい値を超えたときに故障と判定する判定器5を設ける。また、零相電流信号  $3I_0$  の残留レベルを最小にするために、加算器3へ入力する各相電流信号  $I_{A1}$ 、 $I_{B1}$ 、 $I_{C1}$  の振幅および位相を変化させるゲイン可変増幅器1A~1Cおよび移相量可変器2A~2Cを設け、零相電流信号の残留信号レベルを最小にするようにゲイン可変増幅器1A~1Cおよび移相量可変器2A~2Cにおけるゲインおよび位相を調整する制御器4を設ける。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 3相の電力系統の各相の電流もしくは電圧に対応した各相電流・電圧信号の全てをベクトル的に加算して零相電流もしくは零相電圧に相当する零相電流・電圧信号を出力する加算手段を設けた零相電流・電圧検出装置において、

前記加算手段へ入力する各相電流・電圧信号のうちの2相分の振幅を変化させるゲイン可変増幅手段を設け、前記零相電流・電圧信号の残留信号レベルを最小にするように前記ゲイン可変増幅手段におけるゲインを調整する制御手段を設けたことを特徴とする零相電流・電圧検出装置。

【請求項2】 3相の電力系統の各相の電流もしくは電圧に対応した各相電流・電圧信号の全てを加算手段によりベクトル的に加算して零相電流もしくは零相電圧に相当する零相電流・電圧信号を算出する零相電流・電圧検出方法において、

前記加算手段へ入力する前記各相電流・電圧信号のうちの2相の電流・電圧信号の一方について振幅を前記加算手段の入力側に設けたゲイン可変増幅手段によって変化させることにより前記零相電流・電圧信号の残留信号レベルを最小にするように前記ゲイン可変増幅手段を制御手段により制御する第1の制御モードと、前記2相の電流・電圧信号の他方について振幅を前記ゲイン可変増幅手段によって変化させることにより前記零相電流・電圧信号の残留信号レベルを最小にするように前記ゲイン可変増幅手段を前記制御手段により制御する第2の制御モードと、前記2相の電流・電圧信号の両方の振幅を前記ゲイン可変増幅手段によって同方向に変化させることにより前記零相電流・電圧信号の残留信号レベルを最小にするように前記ゲイン可変増幅手段を前記制御手段により制御する第3の制御モードと、前記2相の電流・電圧信号の両方の振幅を前記ゲイン可変増幅手段によって逆方向に変化させることにより前記零相電流・電圧信号の残留信号レベルを最小にするように前記ゲイン可変増幅手段を前記制御手段により制御する第4の制御モードとを組み合わせることを特徴とする零相電流・電圧検出方法。

【請求項3】 3相の電力系統の各相の電流もしくは電圧に対応した各相電流・電圧信号の全てをベクトル的に加算して零相電流もしくは零相電圧に相当する零相電流・電圧信号を出力する加算手段を設けた零相電流・電圧検出装置において、

前記加算手段へ入力する各相電流・電圧信号の振幅および位相を変化させるゲイン・移相量可変手段を設け、前記零相電流・電圧信号の残留信号レベルを最小にするように前記ゲイン・移相量可変手段におけるゲインおよび移相量を調整する制御手段を設けたことを特徴とする零相電流・電圧検出装置。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、3相の電力系統において、例えば故障判定のために零相電流もしくは零相電圧を検出する零相電流・電圧検出装置および零相電流・電圧検出方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】図5に零相電流を検出し、検出した零相電流の大きさから故障判定を行う従来の故障判定装置の回路ブロック図を示す。図5において、ゲイン可変増幅器11Aは、演算増幅器OP1Aとその入力抵抗として設けられた抵抗R1Aと同じくその帰還抵抗として設けられたアナログポテンショメータAP1Aとからなり、アナログポテンショメータAP1Aを調節してゲインを変化させることにより3相の電力系統のうちのA相の電流を例えば電流変成器等で検出して得たA相電流信号I<sub>A1</sub>の振幅を変化させる。

【0003】ゲイン可変増幅器11Bは、演算増幅器OP1Bとその入力抵抗として設けられた抵抗R1Bと同じくその帰還抵抗として設けられたアナログポテンショメータAP1Bとからなり、アナログポテンショメータAP1Bを調節してゲインを変化させることにより3相の電力系統のうちのB相の電流を検出して得たB相電流信号I<sub>B1</sub>の振幅を変化させる。

【0004】ゲイン可変増幅器11Cは、演算増幅器OP1Cとその入力抵抗として設けられた抵抗R1Cと同じくその帰還抵抗として設けられたアナログポテンショメータAP1Cとからなり、アナログポテンショメータAP1Cを調節してゲインを変化させることにより3相の電力系統のうちのC相の電流を検出して得たC相電流信号I<sub>C1</sub>の振幅を変化させる。

【0005】移相量可変器12Aは、演算増幅器OP2Aとその入力抵抗として設けられたアナログポテンショメータAP2Aと同じくその入力コンデンサとして設けられたコンデンサC1Aと同じくその帰還抵抗として設けられた抵抗R2Aとからなり、アナログポテンショメータAP2Aを調節して移相量を変化させることにより振幅調整後のA相電流信号I<sub>A2</sub>の位相を変化させる。

【0006】移相量可変器12Bは、演算増幅器OP2Bとその入力抵抗として設けられたアナログポテンショメータAP2Bと同じくその入力コンデンサとして設けられたコンデンサC1Bと同じくその帰還抵抗として設けられた抵抗R2Bとからなり、アナログポテンショメータAP2Bを調節して移相量を変化させることにより振幅調整後のB相電流信号I<sub>B2</sub>の位相を変化させる。

【0007】移相量可変器12Cは、演算増幅器OP2Cとその入力抵抗として設けられたアナログポテンショメータAP2Cと同じくその入力コンデンサとして設けられたコンデンサC1Cと同じくその帰還抵抗として設けられた抵抗R2Cとからなり、アナログポテンショメータAP2Cを調節して移相量を変化させることにより振幅調整後

3

のC相電流信号 $I_{c2}$ の位相を変化させる。

【0008】加算器3は、演算増幅器OP<sub>3</sub>とその入力抵抗として設けられた抵抗 $R_{3A}$ 、 $R_{3B}$ 、 $R_{3C}$ と同じくその帰還抵抗として設けられた抵抗 $R_4$ とからなり、振幅および位相の調整後のA、B、Cの各相電流信号 $I_{A3}$ 、 $I_{B3}$ 、 $I_{C3}$ をベクトル的に加算する。判定器5は、A、B、Cの各相電流信号 $I_{A3}$ 、 $I_{B3}$ 、 $I_{C3}$ をベクトル的に加算してなる零相電流信号 $I_0$ を所定のしきい値と比較し、零相電流信号 $I_0$ が所定のしきい値を超えた状態が一定時間以上継続したときに故障と判定する。

【0009】なお、ゲイン可変増幅器1A、1B、1Cは各構成要素として回路定数が同一のものを使用し、移相量可変回路2A、2B、2Cも各構成要素として回路定数が同一のものを使用している。また、加算器3においても、抵抗 $R_{3A}$ 、 $R_{3B}$ 、 $R_{3C}$ は同一抵抗値を有するものを使用し、A、B、Cの各相電流信号 $I_{A3}$ 、 $I_{B3}$ 、 $I_{C3}$ のベクトル加算時の係数が同一となるようにしている。

【0010】A、B、Cの各相の電流に対応したA相電流信号 $I_{A1}$ 、B相電流信号 $I_{B1}$ 、C相電流信号 $I_{C1}$ がゲイン可変増幅器11A、11B、11Cに入力されて各々振幅が変化し、それらの出力端子に振幅が調節されたA相電流信号 $I_{A2}$ 、B相電流信号 $I_{B2}$ 、C相電流信号 $I_{C2}$ が得られる。振幅が変化した後A相電流信号 $I_{A2}$ 、B相電流信号 $I_{B2}$ 、C相電流信号 $I_{C2}$ が移相量可変器12A、12B、12Cに入力されて各々位相が変化し、それらの出力端子に位相が調節されたA相電流信号 $I_{A3}$ 、B相電流信号 $I_{B3}$ 、C相電流信号 $I_{C3}$ が得られる。

【0011】そして、このA相電流信号 $I_{A3}$ 、B相電流信号 $I_{B3}$ 、C相電流信号 $I_{C3}$ が加算器3で加算されて零相電流信号 $I_0$ となる。この零相電流信号 $I_0$ は、予めアナログポテンシオメータAP<sub>1A</sub>、AP<sub>1B</sub>、AP<sub>1C</sub>、AP<sub>2A</sub>、AP<sub>2B</sub>、AP<sub>2C</sub>を調節して残留信号レベルを最小に調節しておく。以上のように残留信号レベルを最小に調節した状態で、零相電流信号の大きさを判定し、零相電流信号が所定のしきい値を超えている状態が一定時間以上継続したときに、3相の電力系統に何らかの故障が発生したとみなす。

【0012】また、残留信号が大きい場合には、残留除去回路を設け、変化分をとってもよい。なお、零相電圧の大きさから3相の電力系統の故障を判定する場合もあるが、この場合に入力信号が電流信号から電圧信号に変化するだけでその他は電流による判定の場合と同様である。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】上記のような故障判定装置においては、ゲイン調整および位相調整はアナログポテンシオメータAP<sub>1A</sub>、AP<sub>1B</sub>、AP<sub>1C</sub>、AP<sub>2A</sub>、AP<sub>2B</sub>、AP<sub>2C</sub>、つまり可変抵抗器の抵抗値を調整するこ

4

とにより行うが、負荷電流の変化、電力系統の温度変化、部品の劣化等によって、零相電流・電圧信号の残留信号レベルが高くなり、実際の負荷電流換算で残留レベルが100A近くになる場合があり、20Aの負荷電流変化で、零相電流(×3)が1.5A程度変化し、零相電流もしくは零相電圧を精度よく検出することができなくなり、残留信号レベルがあるしきい値を超えると、電力系統が正常であるにもかかわらず、零相電流・電圧信号のレベルがしきい値を超えたかどうかで故障を判定する判定手段が誤動作するという問題があった。

【0014】したがって、この発明の目的は、負荷電流の変化、電力系統の温度変化、部品の劣化等にかかわらず零相電流・電圧信号の残留信号レベルを常に低く抑え、零相電流もしくは零相電圧を精度よく検出することができる零相電流・電圧検出装置および零相電流・電圧検出方法を提供することである。

【0015】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の零相電流・電圧検出装置は、3相の電力系統の各相の電流もしくは電圧に対応した各相電流・電圧信号の全てをベクトル的に加算して零相電流もしくは零相電圧に相当する零相電流・電圧信号を出力する加算手段を設けている。また、零相電流・電圧信号の残留レベルを最小にするために、加算手段へ入力する各相電流・電圧信号のうちの2相分の振幅を変化させるゲイン可変増幅手段を設け、零相電流・電圧信号の残留信号レベルを最小にするようにゲイン可変増幅手段におけるゲインを調整する制御手段を設けている。

【0016】請求項2記載の零相電流・電圧検出方法は、3相の電力系統の各相の電流もしくは電圧に対応した各相電流・電圧信号の全てを加算手段によりベクトル的に加算して零相電流もしくは零相電圧に相当する零相電流・電圧信号を算出する零相電流・電圧検出方法であり、零相電流・電圧信号の残留レベルを最小にするために、制御手段によりゲイン可変増幅手段を第1ないし第4の制御モードを組み合わせて制御している。

【0017】第1の制御モードでは、加算手段へ入力する各相電流・電圧信号のうちの2相の電流・電圧信号の一方について振幅を加算手段の入力側に設けたゲイン可変増幅手段によって変化させることにより零相電流・電圧信号の残留信号レベルを最小にする。第2の制御モードでは、2相の電流・電圧信号の他方について振幅をゲイン可変増幅手段によって変化させることにより零相電流・電圧信号の残留信号レベルを最小にする。

【0018】第3の制御モードでは、2相の電流・電圧信号の両方の振幅をゲイン可変増幅手段によって同方向に変化させることにより零相電流・電圧信号の残留信号レベルを最小にする。第4の制御モードでは、2相の電流・電圧信号の両方の振幅をゲイン可変増幅手段によって逆方向に変化させることにより零相電流・電圧信号の

残留信号レベルを最小にする。

【0019】請求項3記載の零相電流・電圧検出装置は、3相の電力系統の各相の電流もしくは電圧に対応した各相電流・電圧信号の全てをベクトル的に加算して零相電流もしくは零相電圧に相当する零相電流・電圧信号を出力する加算手段を設けている。また、零相電流・電圧信号の残留レベルを最小にするために、加算手段へ入力する各相電流・電圧信号の振幅および位相を変化させるゲイン・移相量可変手段を設け、零相電流・電圧信号の残留信号レベルを最小にするようにゲイン・移相量可変手段におけるゲインおよび移相量を調整する制御手段を設けている。

【0020】

【作用】請求項1記載の構成によれば、ゲイン可変増幅手段を制御手段で制御することにより、加算手段へ入力する各相電流・電圧信号のうちの2相分の振幅を残りの1相の振幅を自動的に合わせる。この結果、零相電流・電圧信号の残留信号レベルを最小にすることができる。この2相の振幅を残りの1相の振幅に合わせる調整は、3相の電流・電圧信号の位相が大きくずれていないとき

に有効である。

【0021】このようにして、2相の振幅を自動調整することにより、負荷電流の変化、電力系統の温度変化、部品の劣化等によって、零相電流・電圧信号の残留信号レベルが増加したときにも、自動的に零相電流・電圧信号の残留レベルを最小にすることができる。この結果、零相電流・電圧を精度良く検出することができる。請求項2記載の構成によれば、各相電流・電圧信号のうちの2相の電流・電圧信号の一方について振幅を加算手段の入力側に設けたゲイン可変増幅手段によって変化させることにより零相電流・電圧信号の残留信号レベルを最小にするという第1の制御モードと、2相の電流・電圧信号の他方について振幅をゲイン可変増幅手段によって変化させることにより零相電流・電圧信号の残留信号レベルを最小にするという第2の制御モードと、2相の電流・電圧信号の両方の振幅をゲイン可変増幅手段によって同方向に変化させることにより零相電流・電圧信号の残留信号レベルを最小にするという第3の制御モードと、2相の電流・電圧信号の両方の振幅をゲイン可変増幅手段によって逆方向に変化させることにより零相電流・電圧信号の残留信号レベルを最小にするという第4の制御モードとを組み合わせるので、零相電流・電圧信号の残留信号レベルを速やかに最小にすることが可能となる。

【0022】請求項3記載の構成によれば、ゲイン・移相量可変手段を制御手段で制御することにより、加算手段へ入力する各相電流・電圧信号の振幅・位相を調整する。この結果、零相電流・電圧信号の残留信号レベルを最小にすることができる。このようにして、2相の振幅を自動調整することにより、負荷電流の変化、電力系統の温度変化、部品の劣化等によって、零相電流・電圧信

号の残留信号レベルが増加したときにも、自動的に零相電流・電圧信号の残留レベルを最小にすることができる。この結果、零相電流・電圧を精度良く検出することができる。

【0023】

【実施例】以下、この発明の実施例を図面を参照しながら説明する。図1はこの発明の第1の実施例の故障判定装置（零相電流検出装置を含む）の回路図を示している。この故障判定装置は、図5のゲイン可変増幅器11A、11B、11Bに変えてゲイン可変増幅器1A、1B、1Cを用い、同じく移相量可変器12A、12B、12Cに代えて移相量可変器2A、2B、2Cを用い、さらに加算器3から出力される零相電流信号3I<sub>0</sub>を入力としてゲイン可変増幅器1A、1B、1Bのゲインを変化させるとともに、移相量可変器2A、2B、2Cの移相量を変化させる制御器4を設けている。上記ゲイン可変増幅器1A、1B、1Cは、ゲイン可変増幅器11A、11B、11BにおけるアナログポテンシオメータAP<sub>1A</sub>、AP<sub>1B</sub>、AP<sub>1C</sub>をデジタルポテンシオメータDP<sub>1A</sub>、DP<sub>1B</sub>、DP<sub>1C</sub>に変更したものであり、移相量可変器2A、2B、2Cは、移相量可変器12A、12B、12CのアナログポテンシオメータAP<sub>2A</sub>、AP<sub>2B</sub>、AP<sub>2C</sub>をデジタルポテンシオメータDP<sub>2A</sub>、DP<sub>2B</sub>、DP<sub>2C</sub>に変更したものである。

【0024】その他の構成は図5の故障判定装置と同様である。以上のような構成の故障判定装置は、常時制御器4が動作し、零相電流信号3I<sub>0</sub>の大きさに基づいてゲイン可変増幅器1A、1B、1Cのゲインを変化させるとともに移相量可変器2A、2B、2Cの移相量を変化させることにより、加算器3へ入力するA、B、Cの各相電流信号の振幅および位相を変化させて常時零相電流信号の残留信号レベルを最小にし、この状態で加算器3から出力される零相電流信号3I<sub>0</sub>を判定器5がしきい値と比較し、零相電流信号3I<sub>0</sub>がしきい値を超えた状態が一定時間持続したときに、3相の電力系統が故障であると判定する。

【0025】上記の制御器4の制御動作を具体的に説明する。この制御器4は、一定時間毎に、零相電流信号3I<sub>0</sub>の大きさを判定し、予め定められた制御アルゴリズムに従って零相電流信号3I<sub>0</sub>が減少する方向にゲイン可変増幅器1A、1B、1Cおよび移相量可変器2A、2B、2Cに選択的にゲインアップ・ダウン指令もしくは移相量アップ・ダウン指令を与える。

【0026】上記のゲイン可変増幅器1A、1B、1Cは、制御器4からゲインアップ指令が与えられると、デジタルポテンシオメータDP<sub>1A</sub>、DP<sub>1B</sub>、DP<sub>1C</sub>の抵抗値を各々1ステップだけ変化させてゲインを1ステップ分増加させる。また逆に、ゲインダウン指令が与えられると、デジタルポテンシオメータDP<sub>1A</sub>、DP<sub>1B</sub>、DP<sub>1C</sub>の抵抗値を前記とは逆方向に各々1ステップだけ変化

7

させてゲインを1ステップ分減少させる。

【0027】同様に、移相量可変器2A、2B、2Cは、制御器4から移相量アップ指令が与えられると、デジタルポテンシオメータDP<sub>2A</sub>、DP<sub>2B</sub>、DP<sub>2C</sub>の抵抗値を各々1ステップだけ変化させて位相を1ステップ分進める。また逆に、移相量ダウン指令が与えられると、デジタルポテンシオメータDP<sub>2A</sub>、DP<sub>2B</sub>、DP<sub>2C</sub>の抵抗値を前記とは逆方向に各々1ステップだけ変化させて位相を1ステップ分遅らせる。

【0028】以上のように、制御器4が一定時間毎にデジタルポテンシオメータDP<sub>1A</sub>、DP<sub>1B</sub>、DP<sub>1C</sub>、DP<sub>2A</sub>、DP<sub>2B</sub>、DP<sub>2C</sub>の抵抗値を1ステップずつ変化させることにより、零相電流信号3 I<sub>0</sub>を最小にするのである。この場合、故障判定器5による故障判定が支障なく行えるようにするには、故障と判定する零相電流継続時間に比べて制御器4による制御周期より十分に長くする。

【0029】もしくは、制御器4による1周期毎のデジタルポテンシオメータDP<sub>1A</sub>、DP<sub>1B</sub>、DP<sub>1C</sub>、DP<sub>2A</sub>、DP<sub>2B</sub>、DP<sub>2C</sub>の1ステップ毎の調整による零相電流信号3 I<sub>0</sub>の変化幅を故障判定のしきい値に比べて十分に小さく設定する。または、制御器4による1周期毎のデジタルポテンシオメータDP<sub>1A</sub>、DP<sub>1B</sub>、DP<sub>1C</sub>、DP<sub>2A</sub>、DP<sub>2B</sub>、DP<sub>2C</sub>の1ステップ毎の調整による零相電流信号3 I<sub>0</sub>の変化幅を故障判定のしきい値に比べて十分に小さく設定するとともに、故障と判定する零相電流継続時間に比べて制御器4による制御周期より十分に長くする。

【0030】例えば、故障と判定する零相電流継続時間を例えば100msecとした場合において、制御器4による制御周期を例えば500msecに設定する。もしくは、故障と判定する零相電流継続時間を例えば100msecとした場合において、零相電流の値が1Aを超えたときに故障と見なすようにしきい値を設定したときに調整幅を例えば10mAに設定し、制御周期は100msecに設定する。

【0031】または、故障と判定する零相電流継続時間を例えば100msecとした場合に、零相電流の値が1Aを超えたときに故障と見なすようにしきい値を設定したときに調整幅を例えば10mAに設定するとともに、制御器4による制御周期を例えば500msecに設定する。この実施例によれば、ゲイン可変増幅器1A、1B、1Cおよび移相量可変器2A、2B、2Cを制御器4で制御することにより、加算器5へ入力する各相電流信号I<sub>A1</sub>、I<sub>B1</sub>、I<sub>C1</sub>の振幅かつ位相を自動的に調整するので、負荷電流の変化、電力系統の温度変化、部品の劣化等によって、零相電流信号3 I<sub>0</sub>の残留信号レベルが増加したときにも、自動的に零相電流・電圧信号の残留レベルを最小にすることができる。この結果、零相電流もしくは零相電圧を精度よく検出することができ、零

8

相電流信号3 I<sub>0</sub>をしきい値と比較することによって3相の電力系統の故障を判定する際の故障の誤判定を防止することができる。

【0032】図2はこの発明の第2の実施例の故障判定装置の回路ブロック図を示している。この実施例は、A、B、Cの各相電流の位相差が少なく（各々略±1°以内）位相調整を省略できる場合の実施例を示すものである。また、A、B、Cの各相電流の振幅の差もそれほど小さくなく（A、B、Cの各相の振幅の大きさのばらつきが合計で略±10%以内）、振幅調整も3相の全てを調節する必要はなく、いずれか1相の振幅を固定として残りの2相の振幅を調整すればよい場合の実施例を示すものである。

【0033】図2において、ゲイン可変増幅器6Aは、演算増幅器OP<sub>1A</sub>とその入力抵抗となる抵抗R<sub>5A</sub>およびデジタルポテンシオメータDP<sub>3A</sub>と同じくその帰還抵抗となる抵抗R<sub>6A</sub>とで構成され、A相電流信号I<sub>A1</sub>の振幅を例えば基準値倍±10%の範囲で変化させる。ゲイン固定増幅器6Bは、演算増幅器OP<sub>1A</sub>とその入力抵抗となる抵抗R<sub>5B</sub>とその帰還抵抗となる抵抗R<sub>6B</sub>とで構成され、B相電流信号I<sub>B1</sub>の振幅を基準値倍する。

【0034】ゲイン可変増幅器6Cは、演算増幅器OP<sub>1C</sub>とその入力抵抗となる抵抗R<sub>5C</sub>およびデジタルポテンシオメータDP<sub>3C</sub>と同じくその帰還抵抗となる抵抗R<sub>6C</sub>とで構成され、C相電流信号I<sub>C1</sub>の振幅を例えば基準値倍±10%の範囲で変化させる。この場合、上記のように、A相電流信号I<sub>A1</sub>およびC相電流信号I<sub>C1</sub>の振幅を基準値倍±10%の範囲で変化させるためには、抵抗R<sub>5A</sub>と抵抗R<sub>5C</sub>との各抵抗値が等しく、デジタルポテンシオメータDP<sub>3A</sub>とデジタルポテンシオメータDP<sub>3C</sub>との抵抗値が等しく、各々直列合成抵抗値が基準抵抗値から±10%の範囲で変更できるように各抵抗値を設定している。

【0035】また、抵抗R<sub>5B</sub>は抵抗R<sub>5A</sub>（もしくは抵抗R<sub>5C</sub>）とデジタルポテンシオメータDP<sub>3A</sub>（もしくはデジタルポテンシオメータDP<sub>3C</sub>）の midpoint の抵抗値とを加算した抵抗値に設定している。また、上記のデジタルポテンシオメータDP<sub>3A</sub>、DP<sub>3C</sub>は、分解能を例えば512ステップとしている。また、制御器4による調整周期は例えば100msecに1回行う。

【0036】また、制御器4によるゲイン調整は、以下の4つの制御モードを組み合わせることで、およびそれらの制御モードを繰り返すことにより、高速に収束させることができ、零相電流信号3 I<sub>0</sub>の残留信号レベルを急速に零に近づけることが可能となる。その手順は、まず第1の制御モードとして、加算器3へ入力するA相の電流信号I<sub>A1</sub>について振幅をゲイン可変増幅器6Aによって変化させることにより零相電流信号3 I<sub>0</sub>の残留信号レベルを最小にするようにゲイン可変増幅器6Aを制御するA相制御モードを実行する。

【0037】つぎに第2の制御モードとして、加算器3へ入力するC相の電流信号 $I_{c1}$ について振幅をゲイン可変増幅器6Cによって変化させることにより零相電流信号 $I_0$ の残留信号レベルを最小にするようにゲイン可変増幅器6Cを制御するC相制御モードを実行する。つぎに第3の制御モードとして、A相の電流信号 $I_{a1}$ およびC相の電流信号 $I_{c1}$ の両方について振幅をゲイン可変増幅器6A、6Cによって同方向に変化させることにより零相電流信号 $I_0$ の残留信号レベルを最小にするようにゲイン可変増幅器6A、6Cを制御する(A+C)相制御モードを実行する。

【0038】つぎに第4の制御モードとして、A相の電流信号 $I_{a1}$ およびC相の電流信号 $I_{c1}$ の両方について振幅をゲイン可変増幅器6A、6Cによって逆方向に変化させることにより零相電流信号 $I_0$ の残留信号レベルを最小にするようにゲイン可変増幅器6A、6Cを制御する(A-C)相制御モードを実行する。上記した4種類の制御モードを組み合わせることにより、零相電流 $I_0$ を速やかに零に収束させることができるのは、図3の電流ベクトル図から明かなように、(A+C)相制御モードではA相の電流信号 $I_{a1}$ がベクトルの的に $\Delta A$ だけ変化するとともにC相の電流信号 $I_{c1}$ がベクトルの的に $\Delta C$ だけ変化するので、この合成ベクトル $\Delta F_1$ はB相の電流信号 $I_{b1}$ と略平行方向となり、(A-C)相制御モードではA相の電流信号 $I_{a1}$ がベクトルの的に $\Delta A$ だけ変化するとともにC相の電流信号 $I_{c1}$ がベクトルの的に $-\Delta C$ だけ変化するので、この合成ベクトル $\Delta F_2$ はB相の電流信号 $I_{b1}$ と略直交状態となるからである。

【0039】つまり、(A+C)相制御モードと(A-C)相制御モードとで制御を行うことにより、A相の電流信号 $I_{a1}$ とC相電流信号 $I_{c1}$ とを合成した電流ベクトルの変化がB相の電流信号 $I_{b1}$ のベクトルと略平行方向あるいは直交方向に起こるからである。なお、A相制御モードではA相の電流信号 $I_{a1}$ がベクトルの的に $\Delta A$ だけ変化し、C相制御モードではC相の電流信号 $I_{c1}$ がベクトルの的に $\Delta C$ だけ変化するのは当然である。

【0040】つぎに、制御器4の具体構成を図4に基づいて説明する。図4において、21は零相電流信号 $I_0$ を検出するサンプル・ホールド回路、22はサンプル・ホールド回路21の出力信号をデジタル信号に変換するA/D変換器、23はA/D変換器22から出力されるデジタル信号から不要成分〔例えば、地絡は、60Hz成分が100mA( $I_0$ の場合)変化したときに、発生したと判断する。このため、60Hz以外の周波数成分を省く(針状波形でも、その60Hz成分で判断する)〕を除去するフィルタである。24はフィルタ23の出力信号を入力として零相電流信号の絶対値を求める零相電流絶対値計算回路、25は零相電流絶対値計算回路24の出力信号を符号反転する符号反転回路、26は1サンプル周期前の零相電流絶対値計算回路24の出力信号を保

持する遅延回路、27は反転回路25の出力信号(現サンプル時点の零相電流信号 $I_0$ に対応する)と遅延回路26の出力信号(前サンプル時点の零相電流信号 $I_0$ に対応する)とを加算する加算器である。

【0041】28はサンプル・ホールド回路21のサンプル周期を決定するサンプルクロックを発生するタイマ回路、29はタイマ回路28のサンプルクロックを分周する分周器、30は分周器29の出力信号を制御信号としてデジタルポテンシオメータ $DP_{3A}$ 、 $DP_{3B}$ 、 $DP_{3C}$ の制御条件を設定する制御条件設定回路であり、加算器27から正極性の出力信号が発生したときには、制御条件を変更せず、従前の制御条件でデジタルポテンシオメータ $DP_{3A}$ 、 $DP_{3B}$ 、 $DP_{3C}$ を選択的にステップアップまたはステップダウンさせ、零相電流信号 $I_0$ を零に近づける。

【0042】31は加算器27から負極性の出力信号が発生する毎にゲインをアップさせるかダウンさせるかを切り換えるゲイン選択回路であり、このゲイン選択回路31は、加算器27から負極性の出力信号が発生する毎にスイッチ32を逆転させる。スイッチ32が端子a側に切り換わっているときは、インクリメント信号(+1)入力器33が選択されて制御条件設定部30の制御条件はインクリメントモードとなり、制御条件設定部30はデジタルポテンシオメータ $DP_{3A}$ 、 $DP_{3B}$ 、 $DP_{3C}$ のいずれかを1ステップだけ増加させる状態となる。また、スイッチ32がb側に切り換わっているときは、デクリメント信号(-1)入力器34が選択されて制御条件設定部30の制御条件はデクリメントモードとなり、制御条件設定部30はデジタルポテンシオメータ $DP_{3A}$ 、 $DP_{3B}$ 、 $DP_{3C}$ のいずれかを1ステップだけ減少させる状態となる。

【0043】35は加算器27から負極性の出力信号が発生する毎に例えばカウントアップするカウンタである。36はカウンタ35のカウント値に応じて制御相を選択する相選択回路であり、カウンタ35のカウント値に応じてスイッチ37をa側、b側、b'側およびc側の何れかに選択的に切り換える。スイッチ37がa側に切り換わった状態では、A相信号入力器38が選択されて制御条件設定部30の制御条件がA相制御モードとなる。このときにゲイン選択回路31によりスイッチ31がa側に切り換わっておれば、A相のゲイン可変増幅器6Aのゲインを1ステップだけ増加させる動作を加算器27から負極性の出力信号が発生するまで例えば100msec毎に実行する。逆に、ゲイン選択回路31によりスイッチ31がb側に切り換わっておれば、A相のゲイン可変増幅器6Aのゲインを1ステップだけ減少させる動作を加算器27から負極性の出力信号が発生するまで例えば100msec毎に実行する。

【0044】スイッチ37がc側に切り換わった状態では、C相信号入力器39が選択されて制御条件設定部3

11

0の制御条件がC相制御モードとなる。このときにゲイン選択回路31によりスイッチ31がa側に切り換わっておれば、C相のゲイン可変増幅器6Cのゲインを1ステップだけ増加させる動作を加算器27から負極性の出力信号が発生するまで例えば100msec毎に実行する。逆に、ゲイン選択回路31によりスイッチ31がb側に切り換わっておれば、C相のゲイン可変増幅器6Cのゲインを1ステップだけ減少させる動作を加算器27から負極性の出力信号が発生するまで例えば100msec毎に実行する。

【0045】スイッチ37がb側に切り換わった状態では、A相信号入力器38およびB相信号入力器39の両方が選択されて制御条件設定部30の制御条件が(A+C)相制御モードとなり、同様にb'側に切り換わった状態では、(A-C)相制御モードとなる。制御モードが例えば(A+C)相制御モードであり、このときにゲイン選択回路31によりスイッチ31がa側に切り換わっておれば、A相およびC相のゲイン可変増幅器6A、6Cのゲインをそれぞれ1ステップだけ増加させる動作を加算器27から負極性の出力信号が発生するまで例えば100msec毎に実行する。逆に、ゲイン選択回路31によりスイッチ31がb側に切り換わっておれば、A相およびC相のゲイン可変増幅器6A、6Cのゲインを1ステップだけ減少させる動作を加算器27から負極性の出力信号が発生するまで例えば100msec毎に実行する。

【0046】また、制御モードが(A-C)相制御モードであり、このときにゲイン選択回路31によりスイッチ31がa側に切り換わっておれば、A相のゲイン可変増幅器6Aのゲインを1ステップ増加させるとともにC相のゲイン可変増幅器6Cのゲインを1ステップ減少させる動作を加算器27から負極性の出力信号が発生するまで例えば100msec毎に実行する。逆に、ゲイン選択回路31によりスイッチ31がb側に切り換わっておれば、A相のゲイン可変増幅器6Aのゲインを1ステップ減少させるとともにC相のゲイン可変増幅器6Cのゲインを1ステップ増加させる動作を加算器27から負極性の出力信号が発生するまで例えば100msec毎に実行する。

【0047】ここで、上記の一連の制御モードの相互の関係について説明する。第1の制御モードにおいて、加算器27の出力信号が正の場合(前サンプル値から現サンプル値を引いたものが正というのは、零相電流信号3I<sub>0</sub>が前回よりも小さくなったことを意味する)、インクリメント信号(+1)入力器33およびA相信号入力器38により、A相成分を増加させていく。

【0048】そして、加算器27の出力信号が負に反転した場合、零相電流信号3I<sub>0</sub>が増加を始めたことになる。このときゲイン選択回路31は、スイッチ31をb側に切り換え、カウンタ35に“1”がカウント

12

される。制御条件設定部30では、デクリメント信号(-1)入力器34およびA相信号入力器38により、A相成分を減少させる。

【0049】その後、A相の調整範囲を超えると、加算器27では、出力信号の極性が正、負、正、負、…とサンプル毎に極性反転を繰り返すことになる。カウンタ35のカウント値を例えば“3”と設定しておく、加算器27の出力信号の極性が3回負となったときに、カウンタ35から相選択回路36へ信号が送られ、相選択回路36がスイッチ37をC側に切り換え、これによって第2の制御モードへ移行してC相の調整動作が行われる。ここでも、上記と同様の調整動作が繰り返される。

【0050】その後、C相の調整範囲を超えると、上記と同様にしてカウンタ35から相選択回路36へ信号が送られ、相選択回路36がスイッチ37をb側に切り換え、第3の制御モードへ移行して(A+C)相の調整動作が行われる。その後、(A+C)相の調整範囲を超えると、上記と同様にしてカウンタ35から相選択回路36へ信号が送られ、相選択回路36がスイッチ37をb'側に切り換え、第4の制御モードへ移行して(A-C)相の調整動作が行われる。

【0051】以後、A相の調整動作から繰り返し行われ、零相電流I<sub>0</sub>が最小となるように制御される。なお、制御方法として、制御条件設定部30でA相について5回制御動作を行うと、つぎにC相について5回制御を行い、さらに(A+C)相について5回制御を行い、さらに(A-C)相について5回制御を行うというように、一連の制御動作を20回を1群として、制御動作を繰り返すことによっても、同様の結果が得られる。

【0052】この実施例によれば、2相分のゲイン制御だけでよいので、回路構成を簡略化することができ、コストダウンを図ることができる。その他の効果は前記第1の実施例と同様である。なお、上記各実施例では、零相電流を検出するものについて説明したが、零相電圧を検出するものについても同様にこの発明を適用することができる。

【0053】

【発明の効果】請求項1記載の零相電流・電圧検出装置によれば、ゲイン可変増幅手段を制御手段で制御することにより、加算手段へ入力する各相電流・電圧信号のうちの2相分の振幅を残りの1相の振幅を自動的に合わせるので、負荷電流の変化、電力系統の温度変化、部品の劣化等によって、零相電流・電圧信号の残留信号レベルが増加したときにも、自動的に零相電流・電圧信号の残留レベルを最小にすることができる。この結果、零相電流もしくは零相電圧を精度よく検出することができる。

【0054】請求項2記載の故障判定方法によれば、まず各相電流・電圧信号のうちの2相の電流・電圧信号の一方について振幅を加算手段の入力側に設けたゲイン可変増幅手段によって変化させ、つぎに2相の電流・電圧

13

信号の他方について振幅をゲイン可変増幅手段によって変化させ、つぎに2相の電流・電圧信号の両方の振幅をゲイン可変増幅手段によって同方向に変化させ、つぎに2相の電流・電圧信号の両方の振幅をゲイン可変増幅手段によって逆方向に変化させることにより、それぞれ零相電流・電圧信号の残留信号レベルを最小にし、これを繰り返し行うので、零相電流・電圧信号の残留信号レベルを速やかに最小にすることが可能となる。

【0055】請求項3記載の故障判定装置によれば、ゲイン・移相量可変手段を制御手段で制御することにより、加算手段へ入力する各相電流・電圧信号の振幅・位相を自動的に調整するので、負荷電流の変化、電力系統の温度変化、部品の劣化等によって、零相電流・電圧信号の残留信号レベルが増加したときにも、自動的に零相電流・電圧信号の残留レベルを最小にすることができる。この結果、零相電流もしくは零相電圧を精度よく検出することができる。

14

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施例の故障判定装置の回路図である。

【図2】この発明の第2の実施例の故障判定装置の回路図である。

【図3】この発明の故障判定方法を示す電流ベクトル図である。

【図4】制御器の具体構成の一例を示すブロック図である。

10 【図5】故障判定装置の従来例を示す回路図である。

【符号の説明】

1A, 1B, 1C ゲイン可変増幅器

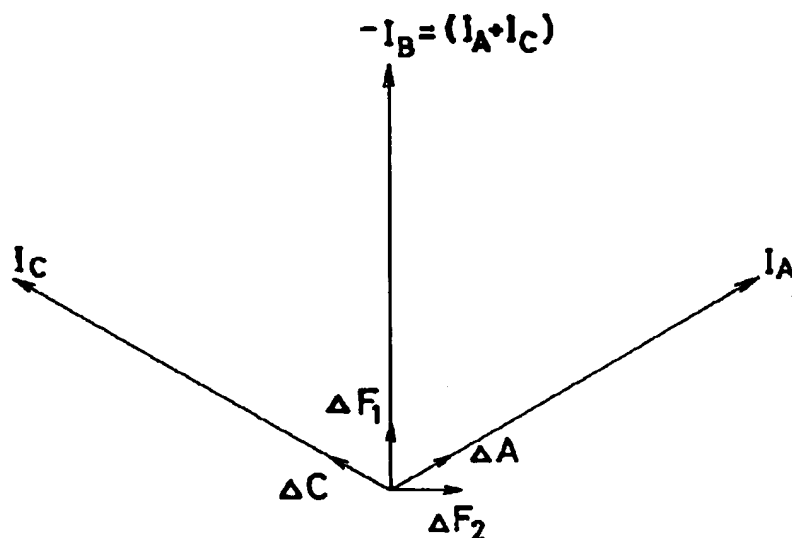
2A, 2B, 2C 移相量可変器

3 加算器

4 制御器

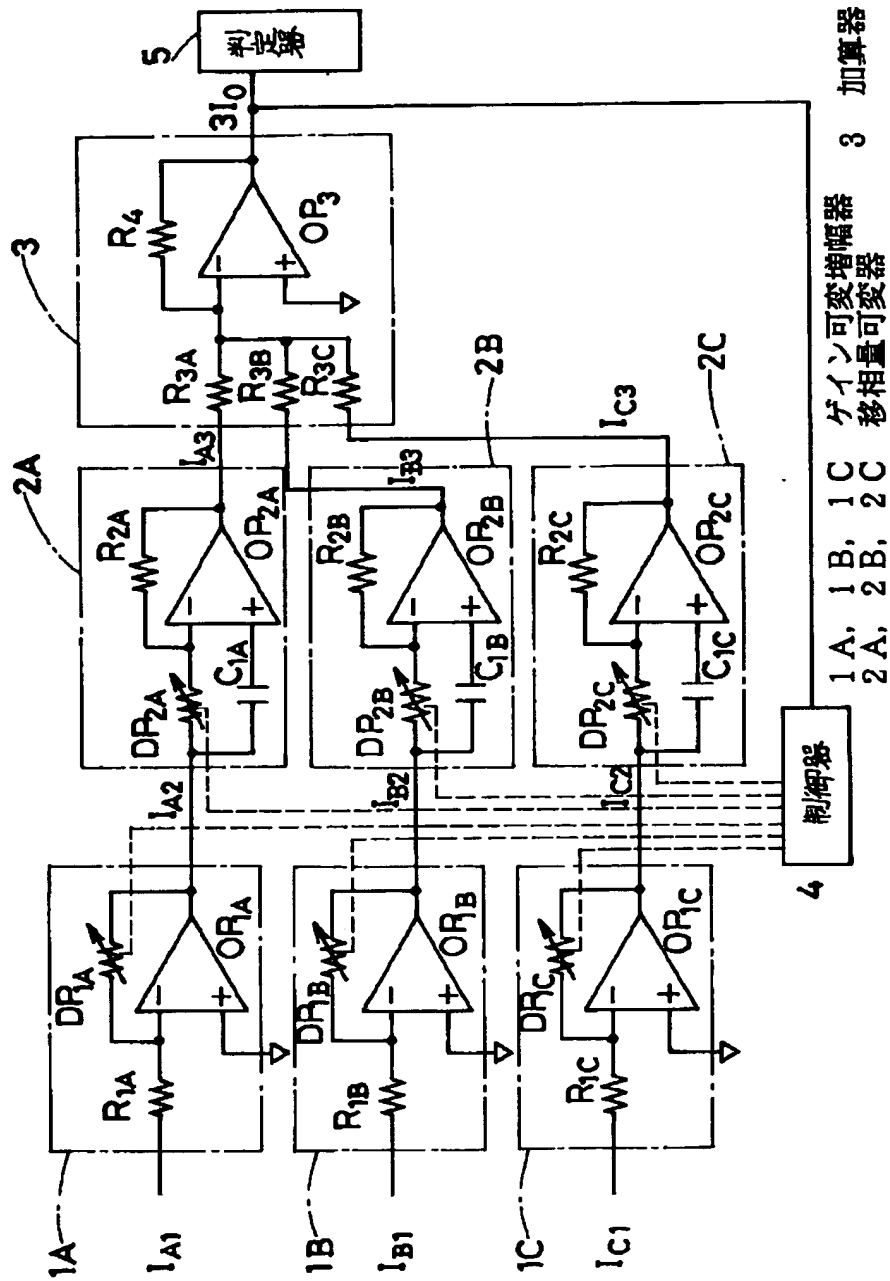
5 判定器

【図3】

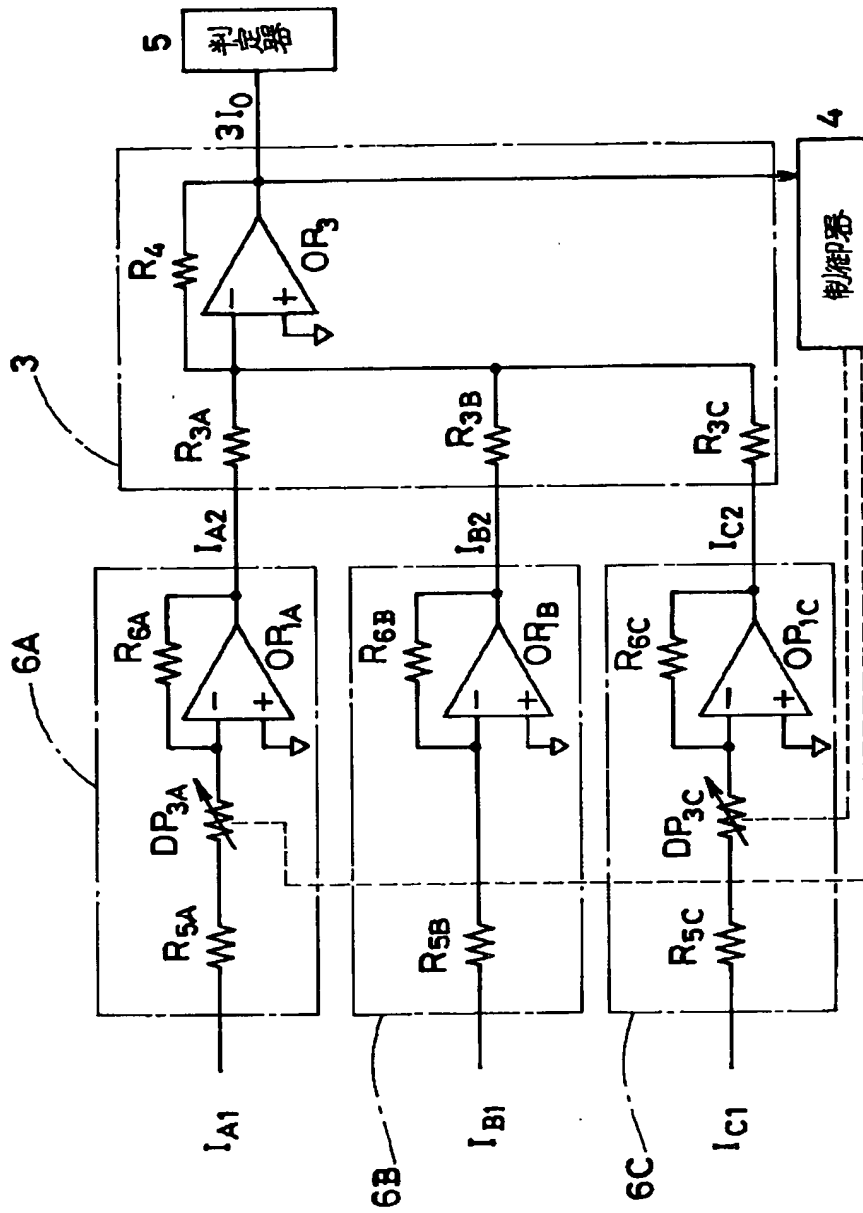




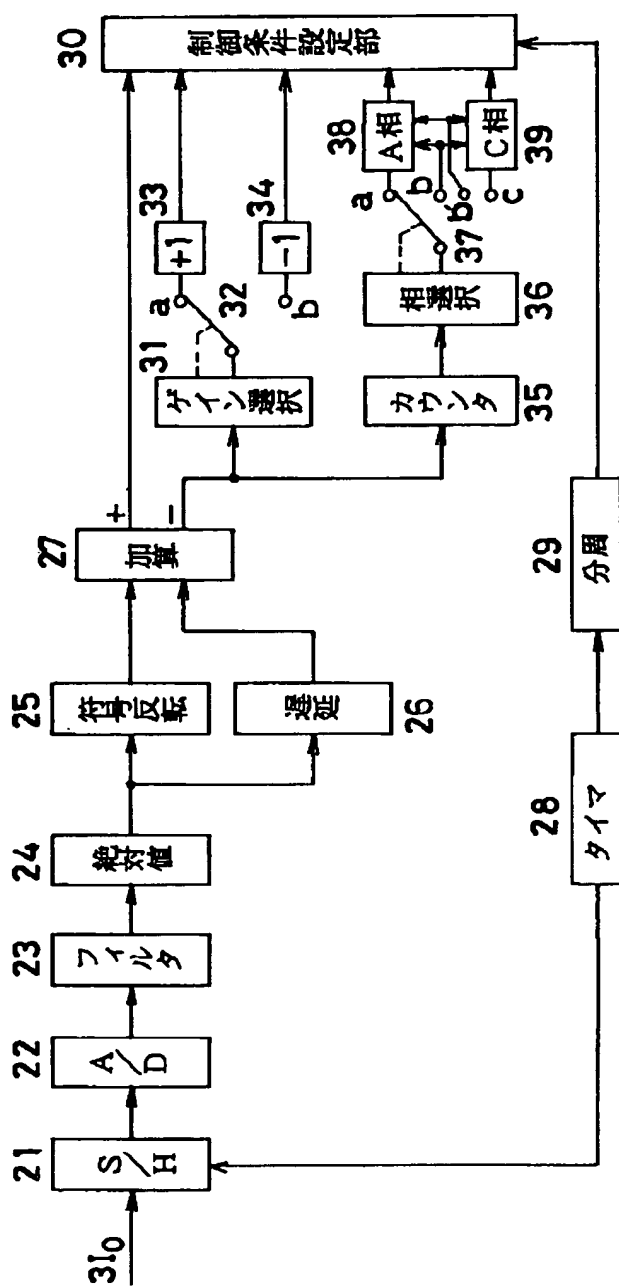
【図1】



【図2】



【図4】



【図5】

